

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ РАМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

УДК 621.791.75-049.8:629.35.023.11(211-17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Конаков Максим Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Конакову Максиму Константиновичу

Тема работы:

**ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ РАМ ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

21.05.2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1. Эскиз рамы грузового автомобиля с указанием места излома лонжерона.
2. Нормативно-техническая документация по требованиям к ремонту сварных конструкций, работающих в условиях Крайнего Севера.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

1. Обзор научно-технической информации по методам ремонта рам тяжело нагруженных машин.
2. Разработка технологического процесса ремонта рамы.
3. Контроль качества ремонтного соединения

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

1. Механические свойства и химический состав свариваемого материала и

	сварочных/наплавочных материалов. 2. Параметры режимов сварки/наплавки 3. Карта эскизов ремонтной конструкции. 4. Маршрутная и/или операционная карты технологического процесса ремонта рамы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Обзор научно-технической информации по методам ремонта рам тяжело нагруженных машин	Хайдарова Анна Александровна
Разработка технологического процесса ремонта рамы	Хайдарова Анна Александровна
Контроль качества ремонтного соединения	Хайдарова Анна Александровна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2018 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Конаков Максим Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Конакову Максиму Константиновичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Анализ информации предоставленной в российских и зарубежных источниках и публикациях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений, SWOT анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет бюджета научно-технического исследования: материальных затрат НТИ; основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преп.	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Конаков Максим Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Конакову Максиму Константиновичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

В работе рассматривается применение ручной дуговой сварки при ремонте рамы грузового автомобиля в условиях Крайнего Севера. Основным рабочим местом при выполнении ремонтных работ является открытый воздух. Работы проводятся в дневное время суток. Климат в данном районе Субарктический.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

Вредные факторы:

- Превышение уровня шума на рабочем месте.
- Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.
- Пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Опасные факторы:

- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
- Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.

2. Экологическая безопасность:

- Загрязнение атмосферного воздуха при выполнении сварочных работ сварочным аэрозолем.
- Загрязнение сточных вод частицами пыли, металлическими и абразивными частицами, маслами, растворителями, красками.
- Отходы, образующиеся при сварочных работах: сварочный шлак, остатки и огарки сварочных электродов, флюсы, остатки стальной проволоки, продукты разложения карбида кальция. Сбор отходов.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятными и разрушительными видами ЧС при сварочных работах являются пожар или взрыв на рабочем месте.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работников, которые трудятся в условиях Крайнего Севера.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Конаков Максим Константинович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 64 с., 5 рис., 25 табл., 28 источников, 1 прил.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, плавящийся электрод, Крайний Север, рама грузового автомобиля, лонжерон.

Объектом исследования является: процесс сварки стыкового соединения лонжерона грузового автомобиля.

Цель работы – разработка технологии ремонта рам грузовых автомобилей ручной дуговой сваркой в условиях Крайнего Севера.

В процессе исследования проводился выбор оптимального способа сварки, подбор сварочного оборудования и сварочных материалов для сварки в условиях низких климатических температур и определение их расхода, оценивалась свариваемость сталей применяемых в конструкциях рам грузовых автомобилей, проводился прогноз химического состава металла шва и расчет параметров режима сварки.

В результате исследования разработана технология ремонта рам грузовых автомобилей ручной дуговой сваркой покрытыми электродами в условиях Крайнего Севера.

Область применения: разработанная технология ремонта рам может применяться на добывающих предприятиях в районах Крайнего Севера.

Экономическая эффективность: предложенный в ходе исследовательской работы способ сварки составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является простота в эксплуатации и цена.

В будущем планируется продолжать работу по данной теме.

Определения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Сварка: процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместным действием тот и другого.

Ручная дуговая сварка: процесс дуговой сварки, при котором дуга горит между электродом и сварочной ванной.

Крайний Север: часть территории Земли, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного круга и имеющая в некоторых районах чрезвычайно суровый климат.

Лонжерон: основной силовой элемент конструкции многих инженерных сооружений (автомобилей, самолетов, вагонов, мостов и др.), располагающийся по длине конструкции.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5264-80 – Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

РД 03-60-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

РД 26-17-049-85 Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов.

Оглавление	
Введение	11
1. Обзор научно-технической информации по методам ремонта рам тяжелонагруженных машин	12
1.1 Описание конструкции.....	12
1.2 Химический состав и свойства конструкционных материалов	13
1.3 Причины выхода из строя рам тяжелонагруженных машин	14
1.4 Оценка свариваемости	15
2. Разработка технологии ремонта	18
2.1 Выбор способа сварки.....	18
2.2 Сварочное оборудование и материалы.....	20
2.3 Подготовка ремонтируемого участка	21
2.4 Расчет параметров режима сварки.....	22
2.5 Прогнозирование химического состава металла шва.....	27
2.6 Определение расхода сварочных материалов	29
2.7 Требования к хранению и использованию сварочных материалов.....	29
2.8 Мероприятия по снижению сварных деформаций и напряжений	31
2.9 Технология и техника сварки	33
3. Контроль качества сварных соединений	34
3.1 Визуальный и измерительный контроль качества	34
3.2 Радиографический и ультразвуковой контроль	35
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	37
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	37
4.2 SWOT Анализ.....	38
4.3 Бюджет научно-технического исследования	42
5. Социальная ответственность	48
5.1 Производственная безопасность	48
5.2 Экологическая безопасность	55
5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	56
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57

Заключение	60
Список использованной литературы.....	61
Приложение А	64

Введение

Развитие открытого способа добычи полезных ископаемых в районах Крайнего Севера в настоящее время характеризуется ростом производительности предприятий, увеличением коэффициента вскрыши и объема экскавации.

Задачи повышения работоспособности и долговечности карьерной техники обусловлены совершенствованием и развитием разработки добычи полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и Сибири. Грузовая техника на добывающих предприятиях в этих районах эксплуатируется в крайне тяжелых климатических условиях, из которых вытекают особые требования к конструкции машин и механизмов. Необходимо учитывать следующие факторы: повышенная влажность и запыленность воздуха; нагрузки, которые возникают из-за смерзаемости грунта, носящие знакопеременный и ударный характер; наличие вибраций; резкие перепады температур; значительное снижение механических свойств стали под действием низких температур. Перечисленные факторы приводят к снижению производительности, повышению трудоемкости технического обслуживания и ремонта грузовой техники.

Эксплуатация горно-транспортной техники при низких температурах характеризуется ее низкой работоспособностью и малым сроком службы основных деталей и узлов, что требует больших трудовых и материальных затрат на ремонты.

Низкая эффективность технологии обслуживания и ремонта грузовой техники приводит к тому, что фактические простои в ремонте в несколько раз превышают нормативные.

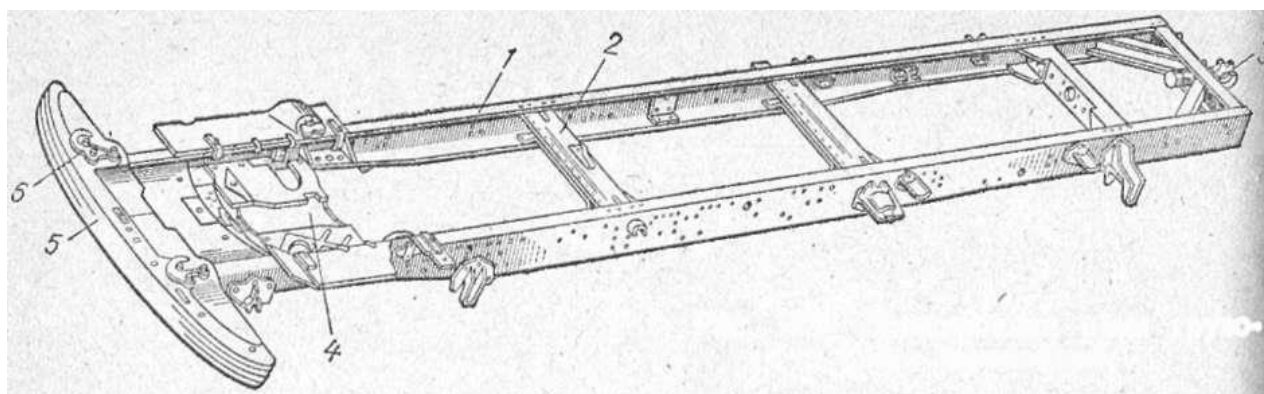
Наиболее частым видом поломки рамы является образование в раме трещин и изломов, ослабление заклепок.

Целью работы является разработка технологии ремонта рам грузовых автомобилей в районах Крайнего Севера.

1 Обзор научно-технической информации по методам ремонта рам тяжелонагруженных машин

1.1 Описание конструкции

Рама грузового автомобиля является основанием для крепления механизмов, агрегатов и кузова автомобиля. Она состоит из двух лонжеронов соединенных поперечинами с использованием сварки или заклепок. Профилем для лонжеронов служат стальные швеллеры. В зонах, подвергающихся наибольшей нагрузке, лонжероны имеют более высокий профиль, также их усиливают вставками. Поперечины изготавливаются такой формы, которая обеспечивает крепление к раме соответствующих механизмов. На задней поперечине устанавливаются буксирное устройство и съемные упругие буферы. В передней части рамы к лонжеронам крепятся буксирные крюки и передний буфер, предохраняющий автомобиль от повреждений [1].



1 – лонжерон; 2, 4 – поперечины; 3 – буксирное устройство;
5 – буфер; 6 – крюк

Рисунок 1 – Лонжеронная рама

Рама тяжелонагруженных автомобилей должна быть упругой для работы на кручение и жесткой для работы на изгиб. Жесткость рамы в сочетании с упругостью можно получить двумя способами:

– Жесткой заделкой жестких средних поперечин в сочетании с упругой конструкцией передней и задней поперечин для работы на кручение.

– Жесткой заделкой жестких передней и задней поперечин в сочетании с упругими средними поперечинами для работы на кручение.

В этих случаях полки лонжеронов рамы не испытывают серьезных местных напряжений от кручения, и напряжения распределяются более равномерно. Правильная передача нагрузок на раму характеризуется взаимным расположением кронштейнов и поперечин, а также характером их крепления к лонжеронам. Эксплуатации грузовых автомобилей отечественного и зарубежного производства показывает, что при креплении силовых кронштейнов к лонжеронам только за вертикальные стенки, значительно снижаются нагрузки на полки лонжеронов, что повышает их прочность [1].

1.2 Химический состав и свойства конструкционных материалов

Для изготовления рам грузовых автомобилей применяют низколегированные стали. Выбор марки стали зависит от эксплуатационных и технологических требований. Сталь должна иметь стабильные механические свойства, хорошо свариваться. В таблице 1 приведены стали, применяемые для производства лонжеронов некоторых отечественных и зарубежных автомобилей большой грузоподъемности и их механические характеристики [2].

Таблица 1 – Стали применяемые для производства лонжеронов автомобилей большой грузоподъемности и их механические характеристики [2]

Модель автомобиля	Материал	Предел прочности, кгс/мм ²	Предел текучести, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %
КрАЗ	12ГС	50	36	18
Урал-395Д	10ХСНД	55	40	19
КрАЗ	15ХСНД	50	35	21
КамАЗ	15ГЮТ	48	34	17
МАЗ	19ХГС 10ХСНД	55	40	18 19
Форд-Луизвилл и МАК (США)	VAN-80 с	90	82	15

Даймлер-Бенц (ФРГ) Фоден (Англия)	термообработкой	61 65	54 45	20 24
---	-----------------	----------	----------	----------

Стали лонжеронов кроме значений предела текучести должны обладать следующими свойствами:

- ударная вязкость при температуре минус 70°C не менее 3 кгс · м/см²;
- предел усталости при изгибе на плоских образцах не менее 36 кгс/мм² для тяжелонагруженных автомобилей;
- хорошая работоспособность в условиях низких температур до минус 70°C;
- твердость HB 280 ÷ 330;
- хорошая свариваемость, штампуемость и обрабатываемость в холодном состоянии, закаливаемость, низкую чувствительность к концентрациям напряжений и малую стоимость [2].

1.3 Причины выхода из строя рам тяжелонагруженных машин

Грузовая техника добывающей промышленности в северных районах, как правило, эксплуатируется в крайне тяжелых условиях. Они заключаются в суровом климате (температура окружающего воздуха до минус 70°), многолетнемерзлом состоянии горных пород и их высокой абразивности (что увеличивает нагрузку на узлы и механизмы машин и ускоряет износ их ходовой части), круглогодичном и круглосуточном режимов работы машин, территориальной разбросанности объектов, отсутствии постоянных дорог к ним, большой отдаленности машин от ремонтных баз [3]. Наиболее частой причиной выхода из строя рам тяжелонагруженных машин в этих условиях является хрупкое разрушение в следствие потери металлом запаса хладнотойкости. Также причиной поломки рамы является концентрация напряжений в сварных соединениях. Повреждения рамы часто происходят в результате перегрузки или неправильного распределения груза в автомобиле, а также неправильной буксировки [4].

1.4 Оценка свариваемости

На свариваемость сталей наибольшее влияние оказывает углерод. При увеличении содержания углерода и легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Чем больше углерода содержится в стали, тем выше вероятность образования в ней трещин и труднее получить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали с известным составом является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле [5]:

$$C_{\text{э}} = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \% \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ – эквивалент углерода;

C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, P – содержание легирующих элементов в стали, %.

Стали в зависимости от эквивалентного содержания углерода по свариваемости делятся на четыре группы: плохо, ограниченно, удовлетворительно и хорошо сваривающиеся. Плохо сваривающиеся стали крайне склонны к трещинам и закалке, при сварке требуется подогрев и специальные технологические приемы сварки и термообработки. Ограниченно сваривающиеся стали склонны к трещинообразованию, повышение сопротивляемости к образованию трещин с помощью регулирования режимов сварки ограничено, требуется подогрев. Удовлетворительно сваривающиеся стали мало склонны к образованию холодных трещин при правильном выборе режимов сварки, в некоторых случаях требуется подогрев. Хорошо сваривающиеся стали свариваются без образования закалочных структур и трещин в широком диапазоне толщин, режимов, и конструктивных форм.

Определим химический эквивалент углерода для стали 10ХСНД по формуле (1):

$$C_{\text{э}} = \left(0,1 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,7}{5} + \frac{0,6}{15} + \frac{0,5}{13} + \frac{0,03}{2} \right) = 0,442 \% .$$

Определим химический эквивалент углерода для стали 15ХСНД по формуле (1):

$$C_э = \left(0,15 + \frac{0,55}{6} + \frac{0,75}{5} + \frac{0,45}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} \right) = 0,462 \% .$$

Определим химический эквивалент углерода для стали 12ГС по формуле (1):

$$C_э = \left(0,12 + \frac{1}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} \right) = 0,407 \% .$$

Определим химический эквивалент углерода для стали 19ХГС по формуле (1):

$$C_э = \left(0,19 + \frac{1,1}{6} + \frac{0,6}{5} + \frac{0,25}{15} + \frac{0,25}{13} + \frac{0,035}{2} \right) = 0,547 \% .$$

Определим химический эквивалент углерода для стали 15ГЮТ по формуле (1):

$$C_э = \left(0,15 + \frac{1,2}{6} + \frac{0,15}{5} + \frac{0,25}{13} + \frac{0,04}{2} \right) = 0,419 \% .$$

Если $\sum C_э \geq 0,45 \%$, то необходим предварительный подогрев T_{Π} , температуру которого находят по формуле [5]:

$$T_{\Pi} = 350\sqrt{\sum C_э - 0,25} , \quad (2)$$

Определим температуру предварительного подогрева для стали 15ХСНД по формуле (2):

$$T_{\Pi} = 350\sqrt{0,462 - 0,25} = 162^{\circ}\text{C} .$$

Определим температуру предварительного подогрева для стали 19ХГС по формуле (2):

$$T_{\Pi} = 350\sqrt{0,547 - 0,25} = 191^{\circ}\text{C} .$$

Таблица 2 – Температура предварительного подогрева для сварки сталей

Марка стали	10ХСНД	15ХСНД	12ГС	19ХГС	15ГЮТ
Температура предварительного подогрева, °С	не требуется	162	не требуется	191	не требуется

Низколегированные стали относятся к хорошо свариваемым. Однако наличие в них легирующих элементов может привести к появлению закалочных структур в ЗТВ, что при неблагоприятном сочетании других факторов может вызвать уменьшение ее стойкости к образованию холодных трещин. Легирующие элементы также могут снизить сопротивляемость сварных швов горячим трещинам, усилить или ослабить последствия перегрева и склонность к хрупкому разрушению металла в зоне термического влияния и шве [6].

2 Разработка технологии ремонта

2.1 Выбор способа сварки

Сварка в условиях Крайнего Севера осложнена из-за невозможности произвести разборку техники, сварочные работы приходится выполнять на открытой местности, в труднодоступных местах, из неудобных положений, в стесненных условиях, поэтому в основном приходится выполнять сварку в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях.

Наиболее подходящие способы дуговой сварки при ремонте рамы в условиях Крайнего Севера: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка в среде защитных газов и сварка самозащитной порошковой проволокой.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами имеет следующие преимущества:

- сварка в труднодоступных местах;
- сварка во всех пространственных положениях;
- сварка различных видов стали;
- простота и мобильность сварочного оборудования;
- возможность сварки сталей разной толщины.

Недостатки этого способа сварки:

- качество соединений зависит от квалификации сварщика;
- низкая производительность процесса;
- вредные условия процесса сварки для окружающих [7].

Механизированная сварка в среде защитных газов имеет следующие преимущества:

- высокая производительность процесса;
- высокая проплавливающая способность;
- большой диапазон свариваемых сталей;
- сварка во всех пространственных положениях;
- отсутствие на поверхности сварочной ванны шлака;
- легкая техника сварки.

Недостатки способа:

- более сложное сварочное оборудование по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами ;
- невозможность использования данного способа в условиях монтажа при сквозняке, ветре, дожде;
- при определенных режимах сварки могут возникнуть сложности с удалением брызг расплавленного металла [5].

Сварка самозащитной порошковой проволокой имеет следующие преимущества:

- отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры;
- позволяет при помощи широкого выбора сварочной проволоки с разными наполнителями получать требуемый химический состав металла шва и определенные характеристики сварочной дуги;
- высокая скорость работ по сравнению с покрытыми электродами;
- малая чувствительность дуги к ветру и сквознякам;

К недостаткам способа относится:

- трубчатая конструкция порошковой проволоки имеет малую жесткость, что требует применение подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах;
- выпуск проволоки в основном диаметром 2,6 мм и более, требует для устойчивого горения дуги применения повышенных сварочных токов, что позволяет их использовать для сварки только в нижнем и иногда в вертикальном положениях. Образующаяся сварочная ванна имеющая повышенный объем, покрытая жидкотекучим шлаком не удерживается в вертикальном и потолочном положениях давлением дуги и силой поверхностного натяжения;
- из-за наличия шлака на поверхности сварочной ванны замедляется кристаллизация расплавленного металла, что приводит к ухудшению условий образования шва в пространственных положениях, отличных от нижнего.

- повышенная вероятность образования в швах пор, из-за наличия пустот в проволоке;
- нерасплавившиеся компоненты сердечника, способствуют появлению газообразных продуктов в сварочной ванне [5].

Сравнив данные способы сварки можно сделать вывод что оптимальным способом сварки для ремонта рамы грузового автомобиля в условиях крайнего севера – ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

2.2 Сварочное оборудование и материалы

Оборудование применяемое для ручной дуговой сварки: выпрямители (для сварки на постоянном токе), инверторы, генераторы. В качестве источника питания выберем сварочный инвертор DC 250.33, который имеет диапазон рабочих температур от минус 40°C до плюс 40°C, сварочный ток 25-250 А, потребляемую мощность не более 15 кВА, массу 29 кг, и габаритные размеры 505х225х435.

Оснастка для ручной дуговой сварки: электродержатели, сварочные кабели, маски сварщика [8].

В конструкциях рам грузовых автомобилей применяются стали из таблицы 1. В настоящее время промышленность выпускает сварочные материалы, специально разработанные для сварки низколегированных сталей в условиях низких температур. К ним относятся сварочные электроды АНО-7, УОНИ 13/55, ВН-48, ВП-4, ЗТМ-2У, ОЗС-24М, Хобэкс, LB-52TRU [9].

Таблица 1 – Типичный химический состав наплавленного металла, %

Марка электрода	C	Mn	Si	S	P
УОНИ-13/55	0,09	0,83	0,42	0,03 max	0,03 max
АНО-7	0,1	0,23	0,65	0,03max	0,03 max
ВН-48	0,12	0,6	0,3	0,03 max	0,03 max
ЗТМ-2У	0,1	1,15	0,4	0,03 max	0,03 max
ОЗС-24М	0,08	0,6	0,3	0,03 max	0,03 max

Таблица 4 – Типичные механические свойства металла шва

Марка электрода	Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_B , МПа	Относительное удлинение электродов $\delta, \%$	Ударная вязкость a_H , Дж/см ²
УОНИ-13/55	540	410	29	260
АНО-7	510	392	26	196
ВН-48	430	—	25	176
ЗТМ-2У	600	400	28	206
ОЗС-24М	650	530	23	200

При выполнении прихваточных швов и корневого слоя шва целесообразно использовать электроды диаметром 2,6; 3,0; 3,2. Для заполнения и облицовки 3,2; 4,0 мм. В случае восстановления поверхности износа с большой площадью восстановления целесообразно использовать электроды диаметром 4, 5 мм [10].

2.3 Подготовка ремонтируемого участка

В связи с наличием поперечного излома лонжерона необходимо производить сварку стыкового соединения двух частей швеллера (рисунок 2).



Рисунок 2 – Поперечный излом лонжерона

Вырезку дефектного участка необходимо произвести на ширину трещины плюс 5 мм в каждую сторону от нее. В качестве вставки на место

вырезанного дефектного участка использовать швеллер соответствующий швеллеру лонжерона.

Швеллер имеет толщину 6,5 мм. Согласно ГОСТ 5264-80 для стыкового соединения толщиной 6,5 мм целесообразно сделать разделку кромок типа С17 (рисунок 3).

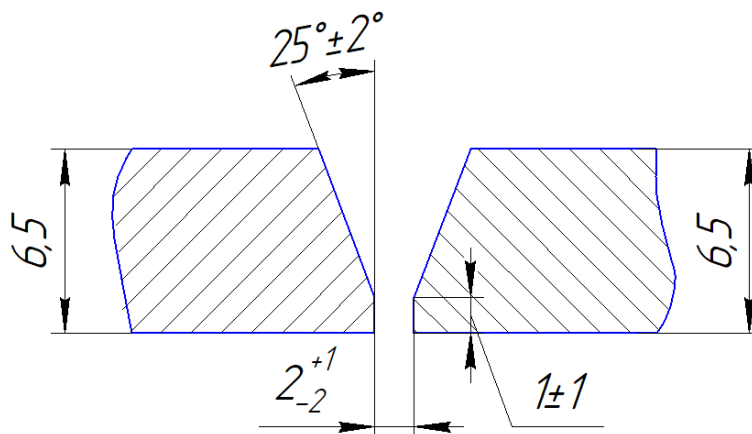


Рисунок 3 – Разделка кромок типа С17

Разделка кромок позволяет производить многослойную сварку, что улучшает структуру сварного шва и снижает сварочные напряжения и деформации, так же обеспечить полный провар корневого шва. Обязательный этап подготовки заключается в очистке торцевой и прилегающей области от механических и жировых загрязнений, ржавчины, оксидных пленок. Зачистка осуществляется абразивным инструментом типа УШМ на ширину 20 мм в каждую сторону от стыка.

2.4 Расчет параметров режима сварки

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающего получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

При ручной дуговой сварке основными параметрами режима сварки являются:

- диаметр электрода $d_э$, мм;
- сила сварочного тока $I_{св}$, А;
- напряжение на дуге $U_д$, В;

– скорость сварки $V_{св}$, м/ч.

Дополнительными параметрами режима являются:

– род тока;

– полярность тока (при постоянном токе) [11].

Швы стыковых и угловых соединений могут выполняться с разделкой и без разделки кромок по ГОСТ 5264-80.

Расчет параметров режима сварки проведем для швеллера лонжерона 30П ($S = 6,5$ мм) электродом УОНИ 13/55 с основным типом покрытия.

Диаметр электрода $d_э$ выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла S при сварке стыковых соединений, параметры приведены в таблице 5. Тип и марка электрода выбираются с учетом марки и толщины свариваемого материала [12].

Таблица 5 – Соотношение толщины свариваемого металла и диаметра электрода [12]

Толщина металла S , мм	1,5-2	3	4-8	9-12	13-15	16-20
Диаметр электрода $d_э$, мм	1,6-2	3	4	4-5	5	5-6

Площадь наплавленного металла шва F_H определяется как сумма площадей элементарных геометрических фигур. Для шва с разделкой кромок типа С17 (рисунок 4) F_H определяется по формуле [12]:

$$F_H = 0,75eg + Sb + h^2 \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

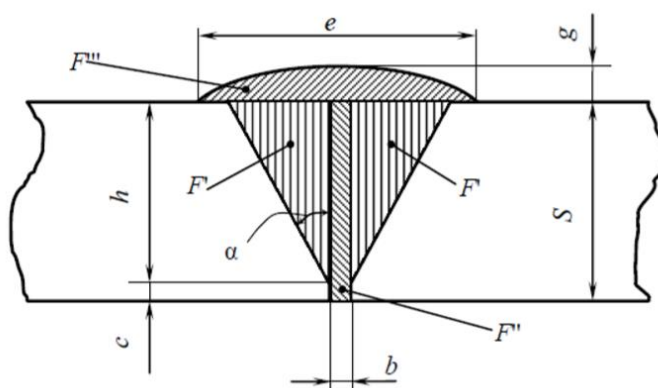


Рисунок 4 – Геометрические элементы площади поперечного сечения стыкового шва с V-образной разделкой

где S, b, e, g, h, α – размеры конструктивных элементов сварного соединения по ГОСТ 5264-80.

Подставляем значения в формулу (3):

$$F_{\text{н}} = 0,75 \cdot 12 \cdot 0,5 + 6,5 \cdot 2 + 5,5^2 \cdot 0,466 = 32 \text{ мм}^2.$$

Общая площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металла определяется по формуле:

$$F = 0,75 \cdot e \cdot (S + g), \quad (4)$$

где e – ширина валика шва, мм;

S – толщина металла, мм;

g – высота усиления валика, мм.

Подставляем значения в формулу (4):

$$F = 0,75 \cdot 12 \cdot (6,5 + 0,5) = 63 \text{ мм}^2.$$

Определим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{пр}} = F - F_{\text{н}}. \quad (5)$$

Подставляем значения в формулу (5):

$$F_{\text{пр}} = 63 - 32 = 31 \text{ мм}^2.$$

Найдем площадь поперечного сечения наплавленного металла за первый проход по формуле [12]:

$$F_1 = (6 \dots 8)d_{\text{э}}, \quad (6)$$

где $d_{\text{э}}$ – диаметр электрода, мм;

$$F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2.$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за последующие проходы определим по формуле:

$$F_{\text{п}} = (8 \dots 12)d_{\text{э}}, \quad (7)$$

$$F_{\text{п}} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм}^2.$$

Находим необходимое число проходов по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{н}} - F_1}{F_{\text{п}}} + 1, \quad (8)$$

$$n = \frac{32 - 18}{40} + 1 = 1,35 ,$$

назначаем 2 прохода.

Расчет сварочного тока $I_{св}$ при ручной дуговой сварке производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока по формуле [12]:

$$I_{св} = F_{эл} j = (\pi d_э^2 / 4) j , \quad (9)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, мм²;

j – допустимая плотность тока, А/мм² (таблица 6);

$d_э$ – диаметр электрода, мм.

Сила сварочного тока при сварке электродом диаметром 3 мм с основным покрытием равна:

Подставляем значения в формулу (9):

$$I_{св} = (3,14 \cdot 3^2 / 4) \cdot (10,0 \dots 14,5) = 71 \dots 103 \text{ А} .$$

Сила сварочного тока при сварке электродом диаметром 4 мм с основным покрытием равна:

Подставляем значения в формулу (9):

$$I_{св} = (3,14 \cdot 4^2 / 4) \cdot (10,0 \dots 14,5) = 126 \dots 183 \text{ А} .$$

Таблица 6 – Допускаемые плотности тока в электроде при ручной дуговой сварке [12]

Вид покрытия электрода	Диаметр стержня электрода, мм				
	2	3	4	5	6
Основное	15-20	13-18,5	10-14,5	9-12,5	8,5-12
Кислое, рутиловое	14-20	13,5-19	11,5-15	10-13,5	9,5-12,5

При сварке потолочных швов сварочный ток уменьшается на 20%, вертикальных – 10% от расчетного.

Напряжение на дуге U_d определяем по формуле [12]:

$$U_d = 20 + 0,04 I_{св} . \quad (10)$$

Напряжения на дуге при сварке электродом диаметром 3 мм:

Подставляем значения в формулу (10):

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 87 = 23 \dots 25 \text{ В.}$$

Напряжения на дуге при сварке электродом диаметром 4 мм:

Подставляем значения в формулу (10):

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 154 = 25 \dots 28 \text{ В.}$$

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами определяется по формуле [12]:

$$V_{\text{св}} = \alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}} / \gamma F, \quad (11)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч (для электрода УОНИ 13/55 $\alpha_{\text{н}} = 9,5$ г/А·ч);

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для стали $\gamma = 7,8$ г/см³);

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва за данный проход, мм².

Скорость сварки электродом диаметром 3 мм:

Подставляем значения в формулу (11):

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot 87}{7,8 \cdot 18 \cdot 10^{-2}} = 5,88 \text{ м/ч.}$$

Скорость сварки электродом диаметром 4 мм:

Подставляем значения в формулу (11):

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot 154}{7,8 \cdot 40 \cdot 10^{-2}} = 4,7 \text{ м/ч.}$$

Для вычисления величины сварочных деформаций и ряда других расчетов иногда нужно учесть тепловое воздействие на свариваемый металл, которое определяется погонной энергией:

Погонная энергия определяется по формуле [12]:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_d \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}}, \quad (12)$$

где $\eta_{и}$ – эффективный К.П.Д дуги зависящий от условий ее горения (для сварки плавящимся электродом $\eta_{и} = 0,7 \dots 0,85$ [8]);

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги см/с;

Для электрода диаметром 3 мм:

Подставляем значения в формулу (12):

$$q_{п} = \frac{87 \cdot 224 \cdot 0,8}{0,092} = 169460 \text{ Дж/см}.$$

Для электрода диаметром 4 мм:

Подставляем значения в формулу (12):

$$q_{п} = \frac{154 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,163} = 19650 \text{ Дж/см}.$$

Таблица 7 – Параметры режима сварки

Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч
3	87	24	5,88
4	154	27	4,7

2.5 Прогнозирование химического состава металла шва

Степень легирования металла шва, может быть определена сопоставлением химического состава основного и наплавленного металла, определяемого по формуле [13]:

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot R_э, \quad (13)$$

где $R_{ш}$ – содержание рассчитываемого элемента в металле шва, %;

R_0 – содержание рассчитываемого элемента в основном металле, %;

γ_0 – содержание основного металла в металле шва, %;

$(1 - \gamma_0)$ – содержание электродного металла в металле шва, %;

$R_э$ – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленным данным электродом, %;

Долю участия основного металла в металле шва определим по формуле [13]:

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{(F_{\text{пр}} + F_{\text{н}})}, \quad (14)$$

Подставляем значения в формулу (14):

$$\gamma_0 = \frac{31}{(31 + 32)} = 0,49 \%,$$

Определим химический состав шва для сварки электродом УОНИ 13/55 сталей приведенных в таблице 1.

Подставляем значения в формулу (13):

Сталь 15ХСНД:

Содержание углерода: $R_{\text{ш}} = 0,15 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,09 = 0,1194 \%$;

Содержание марганца: $R_{\text{ш}} = 0,55 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,83 = 0,693 \%$;

Содержание кремния: $R_{\text{ш}} = 0,55 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,42 = 0,484 \%$;

Содержание серы: $R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,035\%$;

Содержание фосфора: $R_{\text{ш}} = 0,035 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,032\%$.

Сталь 10ХСНД:

Содержание углерода: $R_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,09 = 0,095 \%$;

Содержание марганца: $R_{\text{ш}} = 0,65 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,83 = 0,742 \%$;

Содержание кремния: $R_{\text{ш}} = 0,95 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,42 = 0,679 \%$;

Содержание серы: $R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,035\%$;

Содержание фосфора: $R_{\text{ш}} = 0,03 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,03\%$.

Сталь 12ГС:

Содержание углерода: $R_{\text{ш}} = 0,12 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,09 = 0,105 \%$;

Содержание марганца: $R_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,83 = 0,472 \%$;

Содержание кремния: $R_{\text{ш}} = 0,65 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,42 = 0,533 \%$;

Содержание серы: $R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,035\%$;

Содержание фосфора: $R_{\text{ш}} = 0,035 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,032\%$.

Сталь 15ГЮТ:

Содержание углерода: $R_{\text{ш}} = 0,15 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,09 = 0,119 \%$;

Содержание марганца: $R_{\text{ш}} = 1,2 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,83 = 0,472 \%$;

Содержание кремния: $R_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,42 = 0,802 \%$;

Содержание серы: $R_{\text{ш}} = 0,03 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,03\%$;

Содержание фосфора: $R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,035\%$.

2.6 Определение расхода сварочных материалов

При ручной дуговой сварке расход покрытых электродов определяется по формуле [5]:

$$G_{\text{э}} = G_{\text{н}} \cdot (1,6 \dots 1,8), \quad (15)$$

где $G_{\text{э}}$ – масса покрытых электродов, г;

$G_{\text{н}}$ – масса наплавленного металла, которая определяется по формуле [5];

$$G_{\text{н}} = F_{\text{н}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot \gamma, \quad (16)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь наплавленного металла см^2 ;

$l_{\text{ш}}$ – длина шва; $l_{\text{ш}} = 50 \text{ см}$;

γ – плотность металла; $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

Для электрода диаметром 3 мм:

Подставляем значения в формулу (15):

$$G_{\text{н}} = 0,18 \cdot 50 \cdot 7,8 = 70,2 \text{ г.}$$

Подставляем значения в формулу (16):

$$G_{\text{э}} = 70,2 \cdot 1,7 = 119,3 \text{ г.}$$

Для электрода диаметром 4 мм:

Подставляем значения в формулу (15):

$$G_{\text{н}} = 0,4 \cdot 50 \cdot 7,8 = 156 \text{ г.}$$

Подставляем значения в формулу (16):

$$G_{\text{э}} = 156 \cdot 1,7 = 265,2.$$

2.7 Требования к хранению, подготовке и использованию сварочных материалов

Сварочные материалы, поступающие на участок централизованного хранения и подготовки, должны проходить контрольную проверку включающую:

- проверку сертификата на соответствие его данных требованиям ГОСТа, паспорта или ТУ;

- внешний осмотр и обмер электрода, проверку прочности и эксцентричности покрытия;
- проверку влажности покрытия;
- химический анализ наплавленного металла и металла шва;
- проверку сварочно-технологических свойств электродов;
- определение механических свойств наплавленного металла, металла шва и сварного соединения.

Сварочные материалы должны храниться в сухих отапливаемых помещениях (температура не ниже плюс 15 °С; влажность воздуха – не более 50 %) в условиях, предохраняющих их от увлажнения, загрязнения, механических повреждений и ржавления. Если упаковка повреждена или негерметична, то электроды должны пройти дополнительную проверку их внешнего вида и сварочно-технологических свойств и быть использованы в первую очередь. Если в результате проверки внешнего вида на электродном стержне обнаружены следы ржавчины или при проверке сварочно-технологических свойств электродов обнаружено, что они не обеспечивают качество сварных швов, то такие электроды не пригодны для использования [14].

Сварочные электроды перед выдачей в производство необходимо прокалывать согласно режимам, приведенным в ТУ или паспортах, разработанных предприятиями-изготовителями. Прокалку следует производить в электропечах, обеспечивающих равномерное распределение температуры по всему объему рабочего пространства, оснащенных контрольными приборами и автоматическими устройствами, которые гарантируют соблюдение технологических режимов подготовки. Перед прокалкой электроды необходимо распаковать и уложить в пеналы. Прокалка электродов допускает пачками и россыпью и может производиться не более двух раз, не включая прокалку при изготовлении. После прокалки каждый пенал должен иметь ярлык, содержащий данные:

- условное обозначение электродов;

- номер партии;
- номер сертификата;
- массу в килограммах;
- дату прокали.

Прокаленные электроды при хранении в сушильных шкафах (с температурой 135-150 °С), или герметичной таре имеют неограниченный срок годности). При хранении прокаленных электродов в помещениях с температурой не ниже плюс 18 °С и относительной влажности воздуха не более 60% срок годности согласно [14].

2.8 Мероприятия по снижению сварных деформаций и напряжений

Работа рамы улучшается при отсутствии концентраторов напряжений на лонжеронах (сварных швов, отверстий, сращиваний, усилений). Изменение формы профиля из-за наличия сварных швов приводит к образованию концентрации напряжений [2].

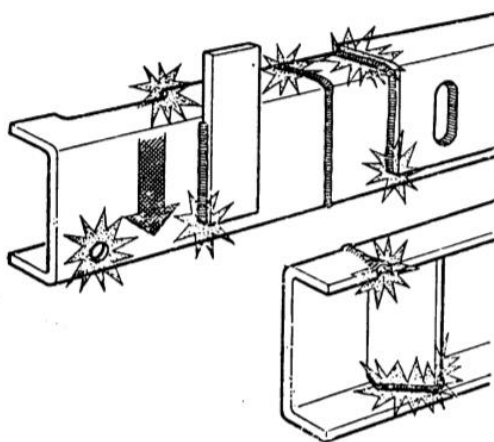


Рисунок 5 – Характерные концентраторы напряжений в лонжероне рамы

Способы предупреждения сварных деформаций и напряжений:

- применение минимального количества сварных швов с их минимальными размерами;
- уменьшение швов разной толщины и пересекающихся швов;
- избегание резких переходов сечений в сварных элементах;

- минимизация объема наплавленного металла, при невозможности провара одностороннего шва применять двухсторонний шов с X- и К-образной разделкой кромок;
- избегание расположения сварных швов в наиболее напряженных зонах при эксплуатации изделия;
- для уменьшения перегрева металла и величины термических напряжений применять предварительный подогрев свариваемого изделия;
- наложение швов в такой последовательности, при которой происходит уравнивание напряжений и деформаций.

Способы устранения сварочных напряжений:

Термическая обработка – отжиг. Отжиг после сварки является наиболее эффективным способом уменьшения остаточных напряжений и позволяет одновременно выровнять структуру металла в различных зонах сварных соединений и улучшить пластические свойства. Производить отжиг целесообразно в случаях, когда необходимо повысить сопротивляемость хрупким разрушениям при низких температурах.

Механическая обработка. Для снятия остаточных напряжений после сварки используют проковку, вибрацию, прокатку и другие способы, основанные на создании пластической деформации обратного знака, которая приводит к снижению или полному устранению остаточных напряжений в сварной конструкции.

Способы устранения сварочных деформаций:

Термическая правка с местным нагревом. При этом способе растянутую часть деформированной детали нагревают, холодные части металла препятствуют его расширению. В этих участках металл испытывает пластическую деформацию сжатия, и при последующем охлаждении эти участки, сокращаясь, выпрямляют изделие.

Термомеханическая правка. При этом способе используют местное нагревание с приложением статической нагрузки, которая изгибает исправляемый элемент конструкции в нужном направлении [15].

2.9 Технология и техника сварки

Сварку следует производить в два прохода, в направлении снизу вверх. При выполнении прихваточных швов и корневого слоя шва использовать электроды диаметром 3 мм, для выполнения облицовочного шва электроды диаметром 4 мм.

При температуре окружающего воздуха ниже плюс 5°C произвести просушку торцов нагревом до 20...50°C. Сборку необходимо осуществлять на прихватках длиной 10-15 мм высотой.

В процессе выполнения сварочных работ обеспечить послойную зачистку шва от шлака. Верхний валик следует срубить и поверхность шва обработать для придания плавного перехода от шва к основному металлу.

Так как сварка проводится при низких температурах окружающего воздуха, необходимо обеспечить медленное охлаждение сварного шва, укрыв его термоизолирующим материалом [16].

3 Контроль качества сварных соединений

3.1 Визуальный и измерительный контроль

Все сварные соединения подвергаются визуальному контролю. В сварном соединении визуально следует контролировать:

- отсутствие или наличие трещин всех видов и направлений;
- отсутствие или наличие поверхностных дефектов (непроваров, наплывов, пор, свищей, включений, подрезов, усадочных раковин, прожогов, брызг расплавленного металла, грубой чешуйчатости);
- качество зачистки поверхности сварного соединения для последующего контроля неразрушающими методами.

Измерительным контролем в сварном соединении необходимо контролировать:

- размеры поверхностных дефектов (поры, включения, кратеры и др.) обнаруженных при визуальном контроле;
- ширину и высоту шва, вогнутость и выпуклость обратной стороны шва, при доступе к обратной стороне шва;
- высоту углублений между валиками и чешуйчатость поверхности шва (перепады по высоте между чешуйками не должны превышать 1 мм);
- отсутствие непроваров с обеих сторон шва;
- подрезы (глубину и длину) основного металла;
- размеры катета [17].

Визуальный контроль проводят невооруженным глазом или с применением визуально-оптических приборов с увеличением до 20 крат (луп, эндоскопов, микроскопов, зеркал). При измерительном контроле применяют шаблоны, угольники, штангенциркули, линейки, микрометры.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений должен выполняться перед проведением других методов неразрушающего контроля [17].

3.2 Радиографический и ультразвуковой контроль

Для контроля возможных внутренних дефектов сварные соединения подвергаются ультразвуковой или радиографической дефектоскопии.

Радиографический контроль проводят согласно требованиям ГОСТ 7512-82. С помощью радиографического контроля в сварных соединениях выявляют наличие в них пор, трещин, непроваров, подрезов, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений. Также радиографический контроль позволяет производить оценку величины выпуклости и вогнутости корня шва в местах недоступных для внешнего осмотра.

Радиографический контроль основан на получении статического изображения внутренней структуры изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением, на рентгеновской пленке или фотобумаге. После проявления на рентгеновской пленке возникает видимое полутонное негативное изображение просвечиваемого объекта, которое затем анализируется на экране негатоскопа. В дефектных местах контролируемого материала, где имеются дефекты сплошности (непровары, поры, трещины, шлаковые включения и др.) интенсивность излучения ослабляется меньше, а при прохождении излучения через включение, имеющее большую плотность чем основной материал, интенсивность его снижается.

Радиографическому контролю подвергаются сварные соединения с отношением радиационной толщины наплавленного металла шва к общей радиационной толщине не менее 0,2, имеющие двусторонний доступ для возможности установки кассеты с радиографической пленкой и источника излучения в соответствии с требованиями настоящего стандарта [18].

Ультразвуковой контроль сварных соединений производят согласно требованиям ГОСТ Р 55724-2013. Этот метод основан на возможности ультразвуковых волн проникать в материалы, отражаться и преломляться при попадании на границу двух материалов с различной звуковой проницаемостью. Контроль может проводиться в ручном, механизированном и автоматизированном вариантах.

При УЗК сварных соединений применяют методы прошедшего излучения и отраженного излучения, а также их сочетания, реализуемые вариантами методов, схемами прозвучивания, регламентированными настоящим стандартом. При этом методе контроля используют продольные, поперечные, поверхностные и продольные поверхностные ультразвуковые волны.

Для ультразвукового контроля сварных соединений используют следующие средства контроля:

- ультразвуковой дефектоскоп или аппаратно-программный комплекс;
- преобразователи (ЭМАП, ПЭП) по ГОСТ Р 55725;
- меры или настроечные образцы для настройки параметров дефектоскопа;
- вспомогательные устройства и приспособления для соблюдения параметров сканирования, измерения характеристик выявленных дефектов, оценки шероховатости и др.

Поверхность контролируемого сварного соединения с обеих сторон шва должна быть очищена от брызг металла, грязи, шлака, окалин, льда и снега. Перед прозвучиванием подготовленные для контроля поверхности необходимо тщательно протереть и покрыть слоем контактной смазки.

Контролируемое сварное соединение следует прозвучивать прямым и однократно отраженным лучом.

При ручном варианте УЗК прозвучивание сварного соединения выполняют по способу продольного и/или поперечного перемещения преобразователя при постоянном или автоматически изменяющемся угле ввода луча [19].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение ручной дуговой сварки для ремонта рамы грузового автомобиля в условиях Крайнего Севера» выполняется в рамках научно-исследовательской работы. Суть работы заключается в исследовании и разработке технологии ремонта рамы грузового автомобиля на открытой местности, в районах Крайнего Севера.

Для оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведем анализ конкурентных технических решений и SWOT анализ. Также проведем расчет бюджета научно-технического исследования.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Таблица 8 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Простота в эксплуатации	0,3	5	5	4	1,5	1,5	1,2
2. Качество шва	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
4.Конкурентоспособность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5

продукта							
5.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого:	1				4,6	4,2	4,4

B_{ϕ} – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

B_{K1} – сварка самозащитной порошковой проволокой;

B_{K2} – механизированная сварка в среде защитных газов.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (17)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, на основании таблицы 8 можно сделать вывод, что предложенный в ходе исследовательской работы способ может составить серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является простота в эксплуатации и цена.

4.2 SWOT анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 9 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность изготовления в полевых условиях</p> <p>С2. Использование современного оборудования</p> <p>С3. Необходимость данной продукции на рынке</p> <p>С4. Широкая область применения</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность транспортировки</p> <p>Сл2. Развитие передовых технологий</p> <p>Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости.</p> <p>Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новейших технологий</p> <p>У2. Отсутствие спроса производимого товара на рынок</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах 10, 11, 12, 13.

Таблица 10 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	0	+
	B2	+	+	+	0	+
	B3	0	+	0	+	0

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: B1B2C1C2C3C5, B3C2C4 .

Таблица 11 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны					
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	-
	B2	-	-	0	-
	B3	0	0	-	0

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: B1Сл1.

Таблица 12 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и Угрозы»

Сильные стороны						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	+	0
	У2	+	+	+	+	-
	У3	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: У1У2С1С2С3С4.

Таблица 13 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и Угрозы»

Слабые стороны					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	-	+	-
	У3	-	-	+	+

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: У1Сл2, У2Сл3, У3Сл3Сл4.

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 14).

Таблица 14 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность изготовления в полевых условиях</p> <p>С2. Использование современного оборудования</p> <p>С3. Необходимость данной продукции на рынке</p> <p>С4. Широкая область применения</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность транспортировки</p> <p>Сл2. Развитие передовых технологий</p> <p>Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости.</p> <p>Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала</p>
--	---	--

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>B1B2C1C2C3C5 B3C2C4</p>	<p>B1Cл1</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новейших технологий</p> <p>У2. Отсутствие спроса производимого товара на рынок</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>У1У2C1C2C3C4</p>	<p>У1Cл2 У2Cл У3Cл3Cл4</p>

4.3 Бюджет научно-технического исследования

В состав затрат, необходимых для реализации проекта включено:

- материальные затраты;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{т}}) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (18)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

Ц_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ м^2 и т.д.);

$k_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	2	41250	82500
Итого			82500

Итого по статье «Материальные затраты» – 82500 руб.

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и студенту, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (19)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника:

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (20)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (21)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$ раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	КН	23100	0,3	0,5	1,3	54054	2850	20	57000
Студент	–	3000	0,3	0,5	1,3	7020	475	77	36575
Итого $З_{\text{осн}}$									93575

Итого по статье «Основная заработная плата» – 93575 руб.

4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет производится по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (22)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп}}(\text{рук – ль}) = 6840 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп}}(\text{студент}) = 4390 \text{ руб.}$$

Итого по статье «Дополнительная заработная плата» – 11230 руб.

4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (23)$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата , руб	Дополнительная заработная плата , руб	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого

Научный руководитель	57000	6840	30,2%=0,302	19280
Студент	36575	4390		12370

Итого по статье «Отчисления во внебюджетные фонды» – 31650 руб.

4.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 38300 \text{ руб.}$$

4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.
Материальные затраты	82500
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	93575
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11230
Отчисления во внебюджетные фонды	31650
Накладные расходы	38300
Итого:	257255

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как:

- Анализ конкурентных технических решений, на основании которого можно сделать вывод, что предложенный в ходе исследовательской работы способ сварки составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является простота в эксплуатации и цена.
- SWOT анализ, на основании которого выявлены сильные и слабые стороны проекта.
- Расчет бюджета научно-технического исследования. Итоговая сумма бюджета составляет 257255 рублей.

5 Социальная ответственность

Введение

В работе разработана технология ремонта рамы грузового автомобиля в условиях Крайнего Севера с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Данная технология предусматривает, что ремонтные работы будут проводиться на открытом воздухе в дневное время суток при отрицательных температурах окружающего воздуха. Климат в данном районе Субарктический. Разработанное решение может применяться на добывающих предприятиях в районах Крайнего Севера.

5.1 Производственная безопасность

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы при выполнении ремонтных работ рамы грузового автомобиля.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: Ремонтные сварочные работы	1. Превышение уровня шума на рабочем месте 2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 3. Пониженная температура воздуха рабочей зоны	1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. 2. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение	ГОСТ 12.0.003-2015[20] ГОСТ 12.1.003-83[21] ГОСТ 12.1.005-88[22] ГОСТ 12.1.038-82[23]

5.1.1 Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению

1. Превышение уровня шума

Шум может создаваться работающим транспортом и оборудованием – грузовыми автомобилями, сварочным источником питания, шлифмашиной. Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые процессы изменения органа слуха у человека, повышает утомляемость.

Степень вредности и опасности условий труда при действии виброакустических факторов устанавливается с учетом их временных характеристик (постоянный, непостоянный шум, вибрация и т.д.).

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003-83) представлены в таблице 21 [21].

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При превышении предельно допустимых норм шума работники должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органов слуха: противошумными наушниками, шлемами или противошумными вкладышами.

СИЗ органов слуха следует выбирать в зависимости от частотного спектра шума на рабочем месте. Типы и группы СИЗ органов слуха следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.051 [24].

Работающие, пользующиеся средствами индивидуальной защиты, должны быть проинструктированы о правилах пользования этими средствами и способам проверки их исправности.

2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Наиболее характерным вредным фактором практически для всех способов дуговой сварки является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей (СА), содержащих токсические вещества, которые образуются в результате конденсации паров расплавленного металла, шлака и покрытия электродов. Состав сварочного аэрозоля зависит от состава сварочных и свариваемых материалов. В силу своих мельчайших размеров (иногда меньше 1 микрометра) сварочный аэрозоль беспрепятственно проникает в глубинные отделы легких (легочные альвеолы) и частично остается в их стенках. Длительное воздействие на организм сварщиков этих аэрозолей может привести к возникновению таких профессиональных заболеваний, как пневмокониоз, хронический бронхит, интоксикация металлами и газами. У сварщиков с патологией бронхолегочной системы высока также распространенность сопутствующих заболеваний центральной нервной системы, желудка и поджелудочной железы, миокарда, а также артериальной гипертонии [22].

Таблица 22 – Предельно допустимые концентрации наиболее часто встречающихся вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварочных цехов и атмосферном воздухе населенных пунктов ГОСТ 12.1.005-88 [22].

Вредные вещества	ПДК, мг/м ³		Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в атмосферном воздухе		
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	0,4/0,06	2	П
Алюминий и его сплавы, оксид алюминия (в том числе, с примесью диоксида кремния) в виде аэрозоля конденсации	2	—	4	А
Бериллий и его соединения	0,001	—	1	А
Ванадий и его соединения:	0,1	—	1	А

- дым пятиоксида ванадия				
- пыли трехоксида и пятиоксида ванадия	0,5	—	2	А
Вольфрам	6	—	2	А
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3 %), легированные стали и их смеси с алмазом до 5 %	6	—	4	А
Железа оксид с примесью оксидов фтористых или 3...6 % марганцовых соединений	4	—	4	А
Кадмия оксид	0,1/0,03	—	1	А
Кобальт металлический, оксид кобальта	0,5	0,001	2	А
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0,2	0,01	2	А
Медь металлическая	1/0,5		2	А
Молибден (растворимые соединения в виде аэрозоля конденсации)	2	—	3	А
Молибден, нерастворимые соединения	6	—	3	А
Никель, оксид никеля	0,05	—	1	А
Озон	0,1	—	1	П
Углерода оксид	20	5/3	4	П
Фтористый водород	0,5/0,1	0,02	2	П
Хромовый ангидрид, хроматы, бихроматы	0,01	—	1	А
Цинка оксид	0,5	0,05	2	А

Чтобы препятствовать попаданию в органы дыхания сварочного аэрозоля работники, занятые производством газопламенных и электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты. К средствам защиты органов дыхания относятся, в первую очередь, противогазы, полумаски, респираторы, т.е. средства, которые широко используются во время работ, осуществляемых в условиях загрязненной атмосферы или в условиях недостатка кислорода.

Применяемые средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011 [25].

3. Пониженная температура воздуха рабочей зоны

Климат района Субарктический, главной чертой которого является отсутствие или короткая продолжительность климатического лета. Зимой температура окружающего воздуха может опускаться до минус 60°C, даже в самый тёплый месяц средняя температура воздуха не превышает 15°C. Всегда возможны заморозки. Зима всегда длительная, в зависимости от местоположения может быть как очень суровой, так и относительно мягкой.

Местное действие холода может разносторонне влиять на организм человека, в зависимости от продолжительности охлаждения и глубины

охвата тканей той или другой части тела. Глубокое местное переохлаждение может закончиться обморожением частей тела с нарушениями тканей, включая и костную.

При воздействии на организм человека отрицательных температур наблюдается сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи лица, изменяется обмен веществ. Низкие температуры воздействуют также и на внутренние органы, и длительное воздействие этих температур приводит к их устойчивым заболеваниям.

Общее влияние холода, в зависимости от его силы и продолжительности, может вызвать переохлаждение организма, которое сначала проявляется в вялости, потом возникает чувство усталости, апатия, начинается озноб и дремотное состояние, иногда с видением эйфоричного характера.

В таблице 23 представлены условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе

Таблица 23 – Условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе

Скорость ветра, м/с	Температура, °С
При безветренной погоде	-40
Не более 5	-35
5,1-10	-25
10,1-15	-15
15,1-20	-5
Более 20	0

Чтобы избежать переохлаждений и обморожений сварщики, работающие на открытой территории в зимний период года, должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами. При температуре окружающего воздуха ниже минус 10 °С, необходимо иметь вблизи рабочего места сварщика инвентарное помещение для обогрева, при температуре ниже минус 40 °С - оборудовать тепляк.

5.1.2 Анализ основных опасных факторов и мероприятия по их устранению

1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Основными причинами поражения электрическим током являются: соприкосновение с открытыми токоведущими частями и проводами; прикосновение к токоведущим частям, изоляция которых повреждена; касание токоведущих частей через предметы с низким сопротивлением изоляции; прикосновение к металлическим частям оборудования, случайно оказавшимся под напряжением (в результате отсутствия или повреждения защитных устройств); соприкосновение со строительными деталями конструкций, случайно оказавшимися под напряжением.

Опасность поражения электрическим током создают источники сварочного тока, электрический привод, электрооборудование подъемно-транспортных устройств, высокочастотные и осветительные установки [7].

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82 (таблица 24)

Таблица 24 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки [23]

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный	2,0	0,3
Переменный	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для подвода тока к электродержателю должны применяться гибкие изолированные провода, защищенные от повреждений. Запрещается применять провода с нарушенной изоляцией.

Безопасность при работе обеспечивается применением различных технических и организационных мер:

– установка оградительных устройств;

- изоляция токопроводящих частей и её непрерывный контроль; согласно ПУЭ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 – 10 Ом·м;
- защитное заземление, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов (СНиП 12.1.030-81.ССБТ) [26].

Все металлические корпуса сварочных аппаратов должны быть надежно заземлены. Электрическая проводка должна обязательно иметь неповрежденную изоляцию. Розетки и вилки должны быть исправными. Около розеток обязательно должна быть надпись о величине напряжения.

К работе с электрооборудованием допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие соответствующую группу допуска по электробезопасности.

После окончания работы или во время перерыва электросварочный аппарат должен быть выключен.

2. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение

Сварка открытой и полужакрытой дугой сопровождается мощной лучистой и тепловой энергии. Тепловая энергия способна вызвать поражение глаз и ожоги незащищенных частей тела. Яркость электрической дуги превышает 1600 стильб. Нормальное зрение человека способно воспринимать безболезненно яркость не более одного стильба. Вредное воздействие оказывает не только видимые световые лучи, но и невидимые лучи. Они вызывают воспаление слизистой оболочки глаза, если действуют в течении 10-30 секунд на расстоянии до 1 метра от источника излучения, а более 30 секунд – до 5 метров. Результат действия – резкая боль в глазах, светобоязнь, электроофтальмия. На незащищенных частях тела лучистая и тепловая энергия вызывает покраснение и ожоги различной степени, в зависимости от расстояния до источника излучения. Способы устранения: Интенсивность теплового излучения в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) на постоянных рабочих местах не должна превышать допустимых величин (таблица 25).

Таблица 25 – Предельно допустимая концентрация интенсивности теплового излучения в оптическом диапазоне на постоянных рабочих местах

Области спектра	Длина волны, мкм	ПДК Вт/м ²
Ультрафиолетовое	0,22-0,28	0,001
	0,28-0,32	0,05
	0,30-0,4	10
Инфракрасное	0,76-1,4	100
	1,4-3	120
	3-5	150

Для защиты лицо сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр по ГОСТ 12.4.080-79 [27]. При работе вне кабины для защиты зрения окружающих должны применяться переносные щиты и ширмы. Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи покрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия теплового излучения.

5.2 Экологическая безопасность

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные соединения. Для очистки выбросов в атмосферу, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого используют масляные фильтры. Большое значение для защиты атмосферы имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

Основными загрязнителями сточных вод являются частицы пыли, металлические и абразивные частицы, масла, растворители, краски. Очистка сточных вод от твёрдых частиц в зависимости от их свойств, концентрации и фракционного состава на машиностроительных предприятиях

осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения твёрдых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

При сварочных работах образуются следующие отходы: сварочный шлак, остатки и огарки сварочных электродов, флюсы, остатки стальной проволоки, продукты разложения карбида кальция. На участке сборки и сварки должны быть предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается.

5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС при сварочных работах являются пожар или взрыв на рабочем месте.

Источниками пожара при проведении сварочных работ являются: открытый огонь (сварочная дуга, пламя газовой горелки и резки); искры и частицы расплавленного металла; повышенная температура изделий, которые подвергаются сварке и резке. Могут воспламеняться горючие материалы, находящиеся вблизи мест производства сварочных работ, а также происходить взрывы при неправильном обращении с ацетиленовыми генераторами, карбидом кальция, баллонами для сжатых газов.

Причинами пожаров технического характера являются: неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления); несоблюдение графика планового ремонта; износ и коррозия оборудования и т.д.

Причины пожаров организационного характера – небрежное обращение с открытыми источниками огня, неправильное хранение пожароопасных веществ, несоблюдение правил пожарной безопасности и т.д.

Все цеха, участки и рабочие места сварщиков должны быть обеспечены противопожарным инвентарем в зависимости от установленных

норм. Для ликвидации очага загорания в электропроводке, электрических машинах и трансформаторах применяют углекислотные огнетушители, предварительно обесточив эти очаги. В случае возникновения пожара надо немедленно принять меры к его ликвидации имеющимися средствами и при необходимости вызвать пожарную команду.

Правильный выбор сечения проводов в зависимости от тока и рабочего напряжения, а также плавких вставок (предохранителей) на предельно допустимый ток позволяет предотвратить загорание проводов сварочного оборудования.

Сварочные работы разрешается производить на расстоянии не менее 5 метров от горючих материалов и не ближе 10 метров от емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями.

Запрещаются сварочные работы на трубопроводах и емкостях, заполненных горючими веществами или находящихся под давлением, на свежеокрашенных конструкциях.

Не разрешается производить сварку в спецодежде и рукавицах со следами масел, жиров и горючих жидкостей [7].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работники, которые трудятся в условиях Крайнего Севера, имеют дополнительные льготы в соответствии с законом РФ от 19.02.1993 N 4520-1 «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» [28].

Одной из основных льгот, предоставляемых данной категории работников, является районный коэффициент. Согласно ст. 315 ТК РФ [28] оплата труда в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях осуществляется с применением районных коэффициентов и процентных надбавок к заработной плате.

Кроме того, коэффициент начисляется на надбавки и доплаты к тарифным ставкам (должностным окладам) и компенсационные выплаты,

связанные с режимом работы и условиями труда, к которым относятся надбавки: за классность, звание по профессии, непрерывный стаж работы по специальности и т.д.; должностным лицам и гражданам, допущенным к государственной тайне; за выслугу лет (непрерывную работу), а также вознаграждение за выслугу лет, выплачиваемое ежеквартально или единовременно; по итогам работы за год; за условия труда при работе в ночное время, сменную работу, за совмещение профессий (должностей) [28].

В состав заработка, где начисляется районный коэффициент, не включаются: процентные надбавки к заработной плате за работу в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, а также в южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока; все виды выплат по среднему заработку (отпускные, оплата обучения работников, направленных на профессиональную подготовку, повышение квалификации или обучение вторым профессиям, и др.); материальная помощь; единовременные поощрительные выплаты, не предусмотренные системой оплаты труда организации.

Северянам также должна выплачиваться процентная надбавка к заработной плате. В отличие от районного коэффициента при выплате надбавок необходимо учитывать стаж работы в данных районах или местностях. Размер процентной надбавки и порядок ее выплаты (как и районный коэффициент) устанавливаются Правительством РФ (ст. 317 ТК РФ, ст. 11 Закона N 4520-1) [28].

Статья 116 ТК РФ устанавливает северянам ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска. При этом работодатели с учетом своих производственных и финансовых возможностей могут самостоятельно устанавливать для работников дополнительные отпуска, порядок и условия предоставления которых, определяются коллективными договорами или локальными нормативными актами, которые принимаются с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации.

Кроме своих работников, организации точно так же, обязаны следить за негативным влиянием их деятельности на окружающую среду, и защищать население от чрезвычайных ситуаций. В основу управления положен закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»[28].

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассмотрено применение дуговой сварки для ремонта рам грузовых автомобилей в условиях Крайнего Севера. Сделан вывод, что оптимальным способом сварки для ремонта рамы грузового автомобиля в условиях крайнего севера на открытой местности – ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Произведена оценка свариваемости и расчет температуры предварительного подогрева сталей применяемых в конструкциях рам грузовых автомобилей. Спрогнозирован химический состав металла шва при сварке этих сталей электродом УОНИ 13/55. Подобрано сварочное оборудование и сварочные материалы, определен их расход, рассчитаны параметры режима сварки и приведена технология ремонта рамы.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение произведен анализ конкурентных технических решений, на основании которого можно сделать вывод, что предложенный в ходе исследовательской работы способ сварки составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки, SWOT анализ, на основании которого выявлены сильные и слабые стороны проекта, рассчитан бюджет научно-технического исследования.

В разделе социальная ответственность произведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, приведены мероприятия по их устранению. Также рассмотрены наиболее вероятные загрязнения и чрезвычайные ситуации возникающие при сварочных работах.

Список литературы

1. В.П. Полосков, П. М. Лещев, В. Н. Хартанович. Устройство и эксплуатация автомобилей: Учеб. Пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: ДОСААФ, 1983. – 318 с.
2. М. С. Высоцкий, Ю. Ю. Беленький, Л. Х. Гилелес. Грузовые автомобили. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
3. Квагинидзе В.С. Эксплуатация карьерного горного и транспортного оборудования в условиях Севера. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002, – 243с.
4. Квагинидзе В. С., Петров В.Ф., Корецкий В. Б. Ремонтная технологичность большегрузных автосамосвалов на угольных разрезах Севера. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.–289 с.
5. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
6. Л. С. Гончаренко Свариваемость сталей: Пер. со словац.; Под ред. Э. Л. Макарова.– М.: Машиностроение, 1984.– 216 с.
7. В.Г. Лупачев. Ручная дуговая сварка: учебник. – Мн.:Выш. шк., 2006. – 416с.
8. Г.Г. Чернышов, Г.В. Полевой, А.П. Выборнов. Справочник электрогазосварщика и газорезчика: Учеб. Пособие для нач. проф. Образования / Под ред. Г.Г. Чернышова.– М.: Издательский центр «Академия», 2004.–400 с.
9. Ларионов В.П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении.– Новосибирск: Наука, 1986 .
10. Сварка и наплавка. Пособие по выбору наплавочных материалов фирмы ESAB. Издание четвертое. Под редакцией Балановского А.Е., Чупина Ю.Б., Беликова А.Б., Школяренко А.А. Технический перевод Вагнер О.Н.

11. М.И. Алеутинова. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки: практическое руководство. – Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2016.–15 с.
12. Е.А.Трущенко Технология сварки плавлением. Часть 1: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во томского политехнического университета, 2011.– 144 с.
13. Лебедев Б.Д., Перемитько В.В. Расчетные методы в сварке плавлением: Учебн. Пособие. – Днепродзержинск: Изд-во ДГТУ, 1998.– 285 с.
14. РД 26-17-049-85 Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов.
15. Сварочные напряжения и деформации: методические указания к лабораторным работам. Часть I и II / Сост. Т.Ю. Малеткина. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 26 с.
16. Б. Д. Малышев, В. И. Мельник. И. Г. Гетия. Ручная дуговая сварка: Учеб.для проф.-техн. училищ / М.: Стройиздаг, 1990.– 319 с.
17. РД 03-60-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю
18. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
19. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

24. ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.
25. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
26. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
27. ГОСТ 12.4.080-79 ССБТ. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве. Технические условия.
28. Трудовой кодекс РФ

Приложение А

Технологический процесс ремонта лонжерона грузового автомобиля